

災害時に空中写真を地理院地図へ掲載するための自動データ作成ツールの開発 Development of Automatic Data Generation Tool for Publishing Aerial Photos on GSI Maps in Disaster Response

基本図情報部 笹川啓
National Mapping Department Akira SASAGAWA

要旨

国土地理院では政府の災害対応の一環として、災害時に空中写真の撮影を行い、地理院地図から迅速に公開している。地理院地図で個々の空中写真を閲覧するために必要な上載せ情報の作成や、北を公開画像の上方向とする画像回転等について、従来は複数人が手動で同時作業を行っていたが、本ツールの開発により自動処理が可能となり、1名で全作業が行えるようになった。また、空中写真のみならず、一眼レフカメラによる斜め画像や、地方整備局で運用している災害対策用ヘリコプターの撮影動画をキャプチャーした画像も自動処理可能となった。

本稿では、このツールの詳細について説明するとともに、自動化により従来実施していた手動作業がどの程度省力化されたのかを報告する。

1. はじめに

国土地理院は、災害対策基本法（昭和36年法律第223号）に基づく指定行政機関として、災害に関する情報の収集及び伝達の役割を担っており、国土地理院が保有する測量用航空機「くにかぜⅢ」や日本測量調査技術協会との協定に基づき、空中写真の撮影を行っている。撮影された空中写真については、迅速に関係機関に提供されるほか図-1のように地理院地図を通して一般に公開されている。

災害時の情報提供については迅速さが求められることから、複数の作業者が手動による同時並行作業を行うことで、地理院地図に掲載するための各種データ作成を行っていた。災害規模が大きくなると緊急撮影の範囲も広くなり、撮影枚数も増加するので、連日の夜を徹した作業を行わなければならない、作業者の負担も大きくなることから、本作業の省力化が以前からの課題であった。

この課題を解決するために、撮影された空中写真及びその外部標定要素の記録（EOファイル）を利用して、地理院地図に掲載するための以下のデータを自動的に生成するツールを開発した。

① 空中写真の撮影位置や画像リンク先を記載した上載せ情報（GeoJSONファイル）

② 北が上方向になるように回転された空中写真

また、このツールを拡張することで、航空カメラによる空中写真のみでなく、一眼レフカメラによる

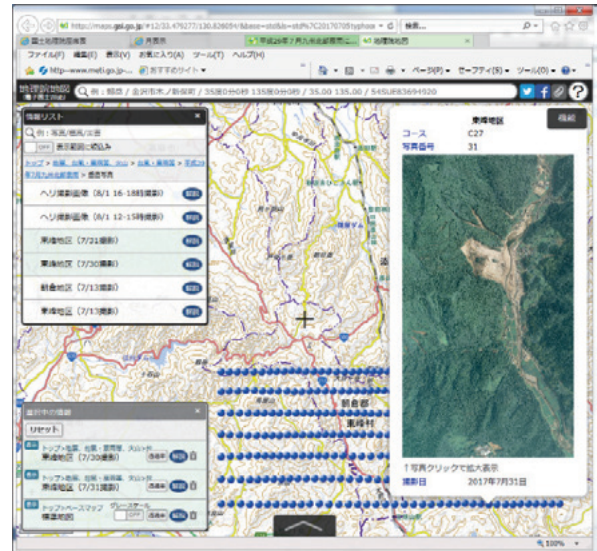


図-1 災害時における地理院地図での空中写真公開

斜め画像（以下「斜め一眼レフカメラ画像」という。）や地方整備局で運用している災害対策用ヘリコプター（以下「災対ヘリ」という。）画像も処理できるようになった。

次章以降、それぞれ「航空カメラによる空中写真」「斜め一眼レフカメラ画像」「災対ヘリ画像」に対するツールを説明する。

2. ツール構成

本ツールは、C++やActive Perlによる自作プログラムとオープンソフトウェアの組み合わせで構成されている。以下の表-1に、本ツールで使用したプログラミング言語やオープンソフトウェアを示す。なお、本ツールはWindows上で動作するものである。

表-1 使用したプログラミング言語とオープンソフトウェアの用途

使用ソフトウェア等	主な用途
C++	GUIや他モジュール制御
Active Perl	災対ヘリ画像における外部標定要素の同定
ImageMagick	画像の回転・差分・低解像度化
nkf	文字コード変換（SJIS→UTF-8）
ExifTool	EXIF情報の読み書き

3. 航空カメラによる空中写真の処理

図-2に、航空カメラによる空中写真における本ツールの処理フローを示す。本ツールは、「空中写真が格納されているフォルダ」と「編集 EO ファイル」を入力とする。「編集 EO ファイル」とは、各空中写真の外部標定要素が記録された EO ファイルを、所定のフォーマットに編集したものである。EO ファイルは、作成主体によりヘッダー等の様式が多少異なることから、図-3のようにヘッダーを消去した上で、各空中写真に対するコース番号を追加記載するものである。(本ツールを用いる場合は、前処理に当たるこの編集について5~10分程度の手動作業が必要となる。)

国土地理院の直営撮影作業の場合は、空中写真が特定のフォルダ構成の元で格納されているが、協定撮影の場合は必ずしも国土地理院と同様のフォルダ構成になっていない場合も多いため、ツール内部で「編集 EO ファイル」に記載されている空中写真フ

イル名を指定された空中写真の格納されているフォルダ内(サブフォルダを含む)で探索し、各空中写真に対する外部標定要素の同定を行っている。さらに、「編集 EO ファイル」に記載されている空中写真のファイルが欠落しているかどうかはツールの自動処理により検出している。

これらの探索・同定処理を行った後に、地理院地図に掲載する上載せ情報としての「GeoJSON ファイル」を出力し、北を上方向とした関係機関提供用の「回転画像(高解像度)」及びウェブサイト掲載用の「回転画像(低解像度)」を出力する。

出力された回転画像については、各空中写真がコース番号毎のフォルダに格納され、GeoJSON ファイルも地理院地図でのオーバースームを考慮したフォルダ構成の元で格納されるので、特にファイル名やフォルダ構成を変更することなく、そのままサーバにコピーすれば、地理院地図で公開できる。

さらに、本ツールは誰もが使用できるように、コマンドラインではなく、図-4のとおり全て GUI で動作する仕様となっており、オプションや指定事項等も

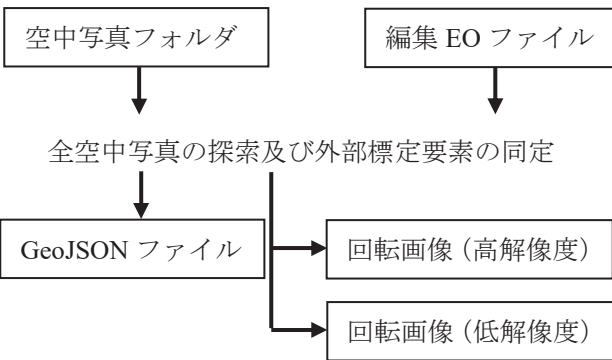
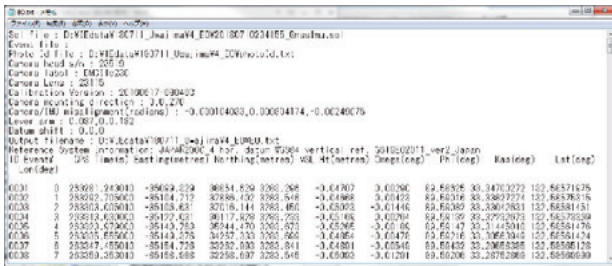


図-2 空中写真に対するツールの処理フロー



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	1	001	-85099.3	38854.63	3283.296	-0.04707	0.0029	89.58625	33.341	132.5857	
2	2	001	263292.7	37868.4	3283.546	-0.04689	0.00423	89.59016	33.33827	132.5858	
3	3	001	263303	-85106.6	37616.14	3283.45	-0.05023	-0.01449	89.59082	33.33043	132.5858
4	4	001	263319.6	-85122	37177.83	3283.233	-0.05189	0.00054	89.59192	33.32333	132.5857
5	5	001	263324	-85140.8	35244.47	3283.673	-0.05285	-0.00189	89.59147	33.31445	132.5856
6	6	001	263335.6	-85149.4	34267.33	3283.899	-0.04824	-0.00478	89.59216	33.30664	132.5856
7	7	001	263347.5	-85154.7	33263.89	3283.941	-0.04931	-0.00549	89.59282	33.29859	132.5857
8	8	001	263359.4	-85159	32268.7	3283.545	-0.05093	-0.01291	89.59206	33.28753	132.5857
9	9	001	263371.2	-85166.3	31254.44	3283.343	-0.05277	0.00061	89.59402	33.27847	132.5857
10	10	001	263383.1	-85171.1	30263.3	3283.291	-0.0498	-0.01012	89.59318	33.26942	132.5857
11	11	001	263394.4	-85184.4	29301.8	3283.598	-0.05034	-0.01159	89.59527	33.26037	132.5856
12	12	001	263406.1	-85205.5	28322.31	3283.915	-0.04742	-0.02136	89.59406	33.25203	132.5856
13	13	001	263417.6	-85207.4	27357.75	3283.452	-0.05254	-0.01089	89.59342	33.24333	132.5856
14	14	001	263429.7	-85218.3	26332.09	3283.737	-0.05157	-0.00218	89.59391	33.23409	132.5856
15	15	001	263441.5	-85233.3	25342.3	3283.941	-0.05342	-0.01366	89.60011	33.22516	132.5856

図-3 EO ファイルと編集 EO ファイル

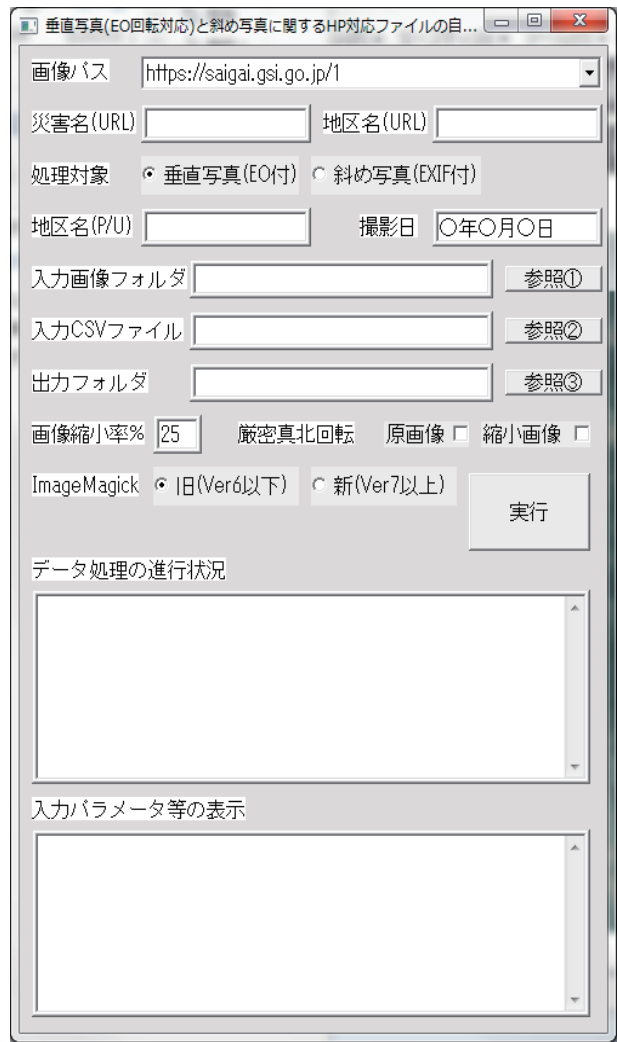


図-4 ツールのインターフェース

直感的に操作が行える。また、従来の手動作業では、空中写真を 90° 単位でしか回転できなかったが、本ツールでは厳密真北回転として、任意角度の回転が行えるようになった。

北を上方向とした画像の回転については、「外部標定要素 κ の正方向」「航空カメラの取り付け向き」を考慮する必要がある。民間会社では上記の取り扱いが国土地理院とは異なっている場合が散見される。このことは、編集 EO ファイルに記載される κ を適切に補正しなければ、常に北が画像上方とはならないことを意味する。以下にその詳細を記す。

1) 外部標定要素 κ の正方向

国土地理院のくにかぜⅢは、図-5 に示すように西向きを 0° として、反時計回りを正方向としているため、西 0° → 南 90° → 東 180° (-180°) → 北 270° (-90°) として κ が規定される。一方で民間会社の中には時計回りを正方向として、西 0° → 北 90° → 東 180° (-180°) → 南 270° (-90°) と κ が規定されている場合も多く見受けられる。

2) 航空カメラの取り付け向き

国土地理院のくにかぜⅢについては、図-6 に示すように飛行方向に対して +90° が画像上方となる。(西向きに飛行している時に撮影画像上方が南を向くように航空カメラが設置されている。)一方で民間会社ではくにかぜⅢと異なり、飛行方向に対して -90° が画像上方となる場合がある。

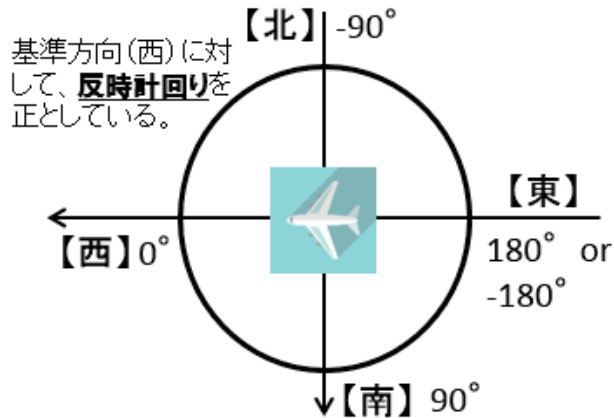


図-5 くにかぜⅢにおける κ の取り方

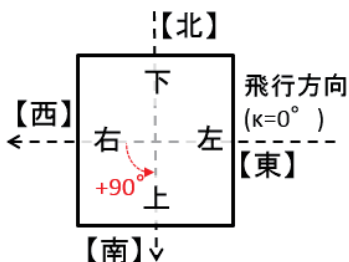


図-6 くにかぜⅢの航空カメラ取り付け向き

以上の 1)と 2)により、 κ の正方向は反時計回り/時計回り、航空カメラの取り付け向きについては、画像上方が飛行方向に対して +90° / -90° と、4 種類の場合分けができることになり、それぞれの場合に応じて κ の補正が必要となる。

表-2 にこの 4 種類に応じた κ の補正方法を示す。 κ の正方向と航空カメラの取り付け向きが、それぞれ「半時計回り」「+90°」の時は、くにかぜⅢと同様の場合であり、特に EO ファイル中の κ に対する補正は必要無い。それ以外の場合は、 κ の負号を反転や ±180° のオフセット値を加算させる必要がある。

表-2 κ 正方向と航空カメラの取り付け向きに応じた κ の補正方法

κ 正方向	航空カメラの取り付け向き	κ の補正方法	備考
時計回り	+90°	- κ -180°	
時計回り	-90°	- κ	
半時計回り	+90°	κ (変更無)	くにかぜⅢ
半時計回り	-90°	κ +180°	

4. 斜め一眼レフカメラ画像の処理

図-7 に、斜め一眼レフカメラ画像における本ツールの処理フローを示す。斜め一眼レフカメラ画像の場合は空中写真とは異なり、撮影された JPEG 画像の中に、EXIF 情報 (EXchangeable Image File format) として、撮影主点と外部標定要素 κ (GPSLatitude, GPSLongitude, GPSImageDirection) が付加されている。

EXIF 情報とは、撮影された画像に付帯するメタ情報 (カメラの機種名、撮影日時、焦点距離、絞り値等) のことであり、斜め一眼レフカメラ画像は JPEG 画像に EXIF 情報が埋め込まれている。

本ツールでは、指定された斜め一眼レフカメラ画像フォルダ内 (サブフォルダを含む) にある全ての EXIF 付き JPEG 画像に対して、撮影主点と κ を抽出・同定させて、地理院地図に掲載する上載せ情報としての「GeoJSON ファイル」を出力し、関係機関提供用の高解像度とウェブサイト掲載用の低解像度の画像を出力する。

なお、EXIF 情報で記載される κ は、必ず北が 0° で時計回りを正方向として記録されているため、ユーザー側で補正等をする必要は無く、ツール側で適切な値に補正され処理される。

また、図-8 のように斜め一眼レフカメラ画像の場合は、 κ に応じて撮影方向を示すアイコンが地理院地図に表示され、空中写真とは異なり回転の無い画像が表示される。

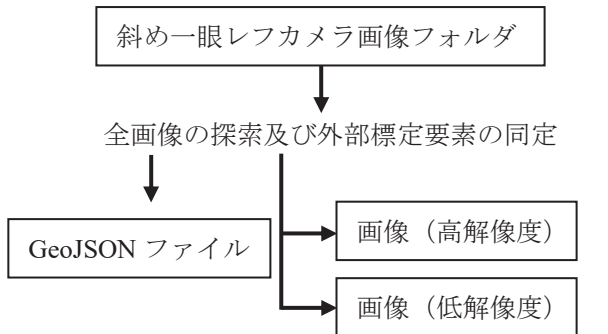


図-7 斜め一眼レフカメラ画像のツールの処理フロー



図-8 斜め一眼レフカメラ画像の地理院地図掲載

5. 災対ヘリ画像の処理

図-9に、災対ヘリ画像における本ツールの処理フローを示す。また、図-10に各ケースにおける画像ファイル数と外部標定要素ファイル数の関係を示す。空中写真の場合は、全画像の外部標定要素が一つのEOファイルにまとめて書かれており、斜め一眼レフカメラ画像の場合は、各画像にそれぞれの外部標定要素が EXIF 情報として埋め込まれているため、各画像と外部標定要素の同定は容易であった。災対ヘリではヘリサットシステムを導入しており、ヘリと地上受信局を衛星回線をつなぎ、撮影した空撮映像や撮影時のカメラの位置、方向角等を日本全国各地からでもリアルタイムに伝送することができ、ヘリサットシステムの特長上、災対ヘリの通信状況が良ければ、正常な災対ヘリ画像ファイルが1秒毎に生成される。ところが、通信状況の良くない場所にある場合は、1秒前と同じ画像(エラー画像)が生成される場合もあれば、画像が生成されず欠落する場合もある。一方で、外部標定要素については画像のエラーや欠落に関わらず、1秒毎に個別のファイルが生成されるので、災対ヘリ画像ファイルと外部標定要素ファイルの個数は1:1やn:1の関係にはならずn:mの関係となるが、各外部標定要素ファイルから画像ファイル名が参照できるため、各災対ヘリ画像と外部標定要素の同定は可能である。

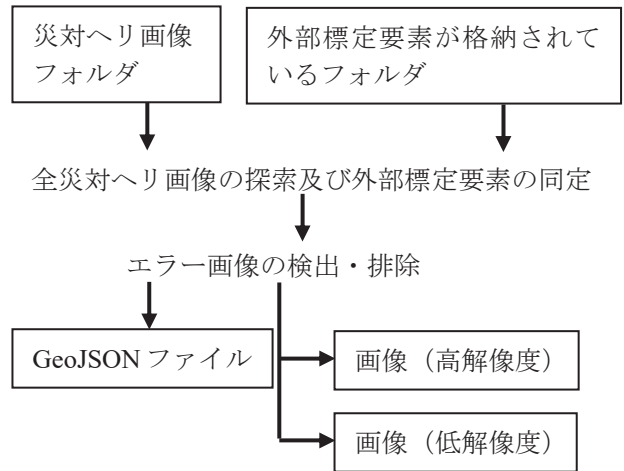


図-9 災対ヘリ画像に対するツールの処理フロー

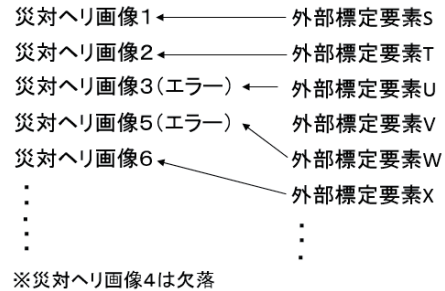
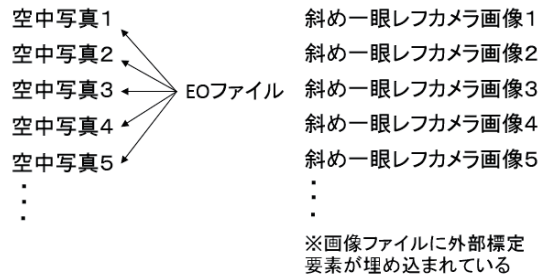


図-10 各ケースにおける画像ファイル数と外部標定要素ファイル数の関係

さらに、エラー画像を排除するために一つ前に生成された災対ヘリ画像と画像差分を取り、画像差分値が0であった場合はエラー画像として、地理院地図には掲載しないようにした。

なお、災対ヘリはカメラそのものを動かせる機構となっているため、外部標定要素ファイルには機体の向いている方向(タグ名: yaw)と機種方向に対するカメラの相対向き(タグ名: pan)の2つが格納されている。yawについては、北方向を0°として時計回りを正方向として定義されており、panについては、機種方向を0°として時計回りを正方向として定義されているため、yaw+panの値が北方向を0°として時計回りを正方向とした撮影方向となる。

災対ヘリ画像の場合も、斜め一眼レフカメラ画像の場合と同様に、図-8のように地理院地図には撮影方向を示すアイコンと無回転画像が表示される。

6. 本ツールの効果

平成 30 年 7 月豪雨における災害対応以降、本ツールを用いた地理院地図での空中写真の外部公開及び浸水範囲判読のための災対ヘリ画像を閲覧するための内部サイト構築を行った。また、斜め一眼レフカメラ画像や災対ヘリによる撮影画像については、撮影位置と撮影方向を示した上で地理院地図上において容易に閲覧できるため、本ツールを活用することで、迅速に災害後の状況把握が可能となった。

○航空カメラによる空中写真

従来の空中写真にかかる作業は、表-3 のとおり 3 人の作業員による①～④の作業が行われていた。④は、地理院地図公開用の作業とは別の関係機関提供用標定図の作成である。本ツールにより、①～③の作業について、ほぼ自動化（編集 EO ファイル作成として、手動作業が 5～10 分程度必要）が実現した。

このことから、実際の平成 30 年 7 月豪雨における災害対応では、④の標定図作成の担当者が、本ツールによる自動処理を行う待ち時間の間に標定図作成を行うことで、従来の①～④の全作業工程を 1 人で行うことが可能になった。

具体的には、平成 30 年 7 月豪雨における宇和島地区（全撮影画像数は 298）では、回転画像作成から標定図作成までの全作業について、1 名の作業員により 158 分必要であった。従来方法による災害対応の例として、平成 29 年度の九州北部豪雨における朝倉地区（撮影画像数は 259）では、回転画像作成から標定図作成までの全作業について、3 名の作業員により 180 分必要であったことから、本ツールによる作業人数の省力化だけでなく時間短縮効果も認められる。

なお、本ツールでは、自動処理時間の 99.9%以上が、画像の回転・低解像度化に費やされているため、多量の空中写真の処理は高スペックの PC で行うことが望ましい。

○災対ヘリ画像

従来、災対ヘリ画像については、撮影方向を示した上で、地理院地図上でサムネイル画像を表示することが不可能であったが、本ツールの開発により初めて、図-11 のような形で地理院地図に公開することが可能になった。

なお、災対ヘリ画像については、撮影画像をリアルタイムで本院の受信サーバに伝送されるシステムが整備されているため、撮影後すぐに（災対ヘリの

表-3 空中写真の地理院地図公開等のための従来作業

作業	人数	備考
① 空中写真画像の回転・低解像度化	1	ImageMagick 等を使用した半自動処理
② 緯度経度の EXIF 追加	1	ExifTool を使用した手動処理
③ KML ファイル作成		マップシートを使用した手動処理
④ 標定図作成	1	PC-MAPPING 等による手動作業

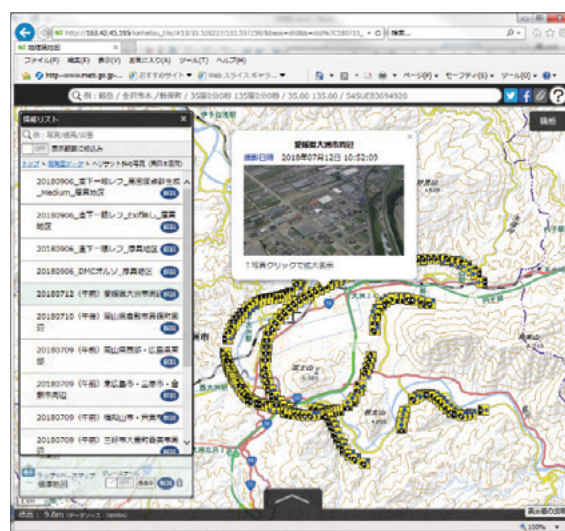


図-11 災対ヘリ画像の地理院地図掲載

着陸を待たず）本ツールによる処理が可能となる。

実際の例としては、平成 30 年 7 月豪雨における愛媛県大洲地区では、エラー画像を排除した 188 画像について、撮影後 1 時間半程度で内部サイトへの公開が可能となった。

7. まとめ

本稿では、災害時における空中写真・斜め一眼レフカメラ画像・災対ヘリ画像に対する地理院地図掲載用データの自動作成ツールについて、各場合における回転の基準方向や正方向の詳細を記すとともに、従来の手動作業と比較して、時間短縮かつ作業人数が 3 人から 1 人に削減できた実績を説明した。

引き続き、国土院では災害時に迅速な情報提供ができるよう、各種作業の時間短縮や省力化に対する技術開発を進めたい。

（公開日：平成 31 年 3 月 18 日）

参考文献

GitHub (2019): gsi-cyberjapan, <https://github.com/gsi-cyberjapan> (accessed 11 Jan. 2019).